

生 物

1 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

遺伝情報を担う DNA は、デオキシリボース、塩基、およびリン酸から構成されるデオキシリボヌクレオチドが連なった高分子である。塩基の並びである 1 が1つのアミノ酸を指定するため、遺伝子の塩基配列はタンパク質の構造や機能の推定につながる重要な情報である。サンガーが開発した塩基配列決定法においては、DNA 合成の起点となる 2、DNA の材料であるデオキシリボヌクレオシド三リン酸および鋳型 DNA を混合した反応液を準備する。また、各塩基がそれぞれ異なる蛍光色素で標識されたジデオキシリボヌクレオシド三リン酸(ジデオキシヌクレオチド)を反応液中にごく少量混ぜておく。伸長反応を行った後に、得られた DNA を 3 によって長さごとに分離し、DNA に取り込まれた色素の蛍光を検出することによって塩基配列を調べることができる。塩基配列決定法の開発によってヒトゲノムの解読が可能になり、さまざまなことが明らかになった。現在では、塩基配列の解析は医療や農業などの分野において幅広く利用されている。例えば、茎の伸長様式に違いがあるイネの系統 X と系統 Y について塩基配列の解析を行ったところ、ある遺伝子に配列の違いが見つかった。系統 Y では突然変異によって1塩基が挿入しており、4によるアミノ酸配列の変化が生じていることが明らかになった。

問 1 文章中の 1 ~ 4 に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ウ)について、ジデオキシリボヌクレオシド三リン酸が多すぎるとどのような問題が生じるか、40 字程度で説明せよ。

問 3 下線部(イ)に関連して、以下の(a)~(d)の文章のうち正しい内容のものをすべて選べ。

- (a) ヒトゲノムは約 3 億塩基対である。
- (b) ヒトゲノムにおいては、遺伝子領域よりもそれ以外の領域の方が高い割合を占める。
- (c) 個人の体を構成する体細胞は、すべて同じ塩基配列のゲノムをもつ。
- (d) 現生のヒトはアフリカから世界中へ広がった個体集団の子孫である。

問 4 下線部(ウ)について、系統 X と系統 Y の芽生えを育てて茎の伸長を調べる実験を行った。図 1 は、芽生えに対して 1 週間の水没処理を行った後に非水没条件で育て続けた場合と、水没処理を行わずに育て続けた場合における茎の長さを示している。ここでは個体がつ葉の総数を個体の齢の指標として用いるものとする。これに関して、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 系統 X と系統 Y の環境に応答する性質の違いについて、図 1 に示す結果から分かることを 35 字程度で答えよ。
- (2) 系統 X は、東南アジアなどの地域に生育する。この系統は、どのような生育環境に、どのように適応していると考えられるか、45 字程度で答えよ。

問 5 植物ホルモンのジベレリンは、一般的に器官伸長を促す作用をもつことが知られている。そこで下線部(ウ)に記す 2 系統の芽生えに様々な濃度のジベレリンを投与し、2 週間後に葉と茎の長さを調べる実験を行った。図 2 および図 3 に示す結果に基づいて、系統 Y の性質として分かることを 30 字程度で答えよ。

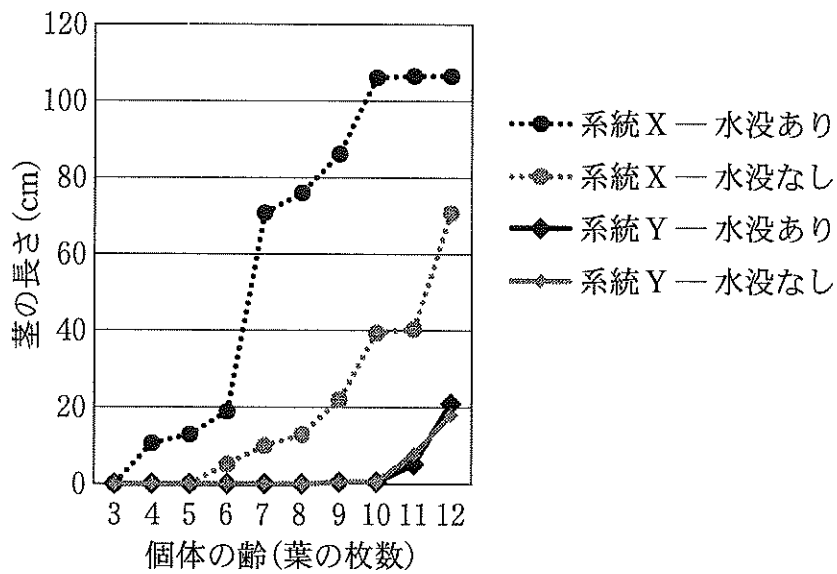


図 1

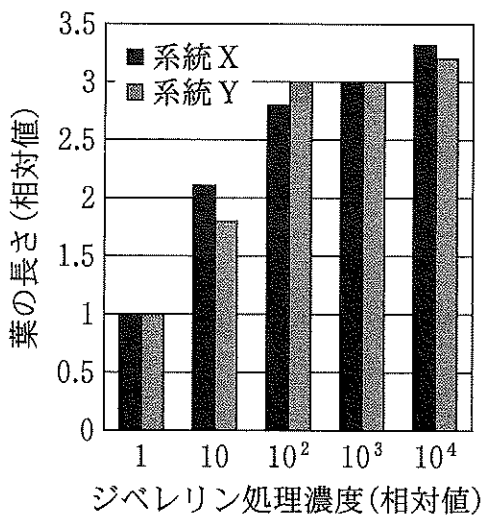


図 2

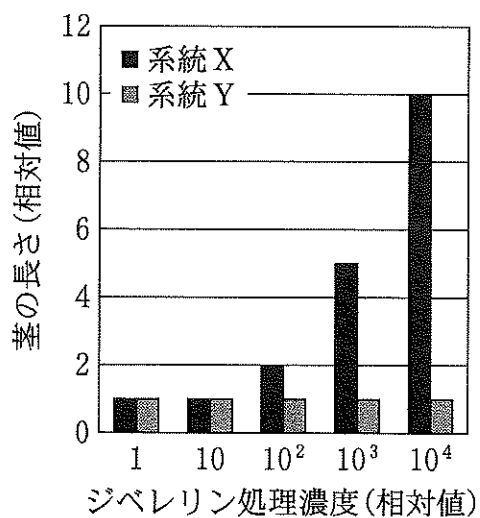


図 3

2 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

モデル生物とは、普遍的な生命現象の解明のための研究材料として用いられる^(ア)生物の総称である。代表的なモデル生物の1つであるキイロショウジョウバエは、動物門に属する昆虫の一種である。卵の種類は、卵黄が中央部に偏った卵で、卵割の様式はを示す。すなわち卵割の初期段階では細胞中ののみが分裂を繰り返し、数を増やしたはやがて表層に移動し、それぞれのがで仕切られることで卵割が完了する。

キイロショウジョウバエの未受精卵では、その前端に遺伝子から転写された mRNA が、後端に遺伝子から転写された mRNA が、それぞれ局在する。受精をすると、それぞれの mRNA がされ、つくられたタンパク質とタンパク質が卵細胞質中に拡散し、それぞれ前後軸に沿った濃度勾配を形成する。これによりが受け取るそれぞれのタンパク質の濃度が異なることで、遺伝子の発現様式に違いが生じ、胚全体の前後軸が決定される。

問 1 文章中の～に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)について、キイロショウジョウバエと同様にモデル生物として用いられる(a)～(c)の動物が属する動物門の名前を記入せよ。また、その動物門が動物門と同じく脱皮動物に属する場合は○を、そうでない場合は×をそれぞれ記入せよ。

- (a) アフリカツメガエル
- (b) センチュウ(C.エレガンス)
- (c) プラナリア

問 3 胚の前後軸の決定に引き続き、分節遺伝子によって体節が形成される。

キイロショウジョウバエの分節遺伝子は3種類の遺伝子群に分類され、それらが①→②→③の決まった順番で発現していく。①～③にあてはまる遺伝子群の名称を、以下の用語からそれぞれ選べ。

アンテナペディア遺伝子群, ギャップ遺伝子群,
RNA ポリメラーゼ遺伝子群, セグメントポラリティー遺伝子群,
初期化遺伝子群, ペアルール遺伝子群,
DNA ポリメラーゼ遺伝子群, ABC 遺伝子群

問 4 次の文章を読み、以下の(1)および(2)に答えよ。

キイロショウジョウバエ成虫の正常個体は1対の翅しかもたないが、ホックス(*Hox*)遺伝子群に属するウルトラバイソラックス(*Ubx*)遺伝子が欠損した突然変異体では、後胸が中胸に置きかわり、結果として2対の翅を生じる。

(1) *Ubx* 遺伝子の欠損で生じたような、体の一部の特徴が体の別の部分の特徴に置きかわる突然変異を総称して何とよぶか、答えよ。

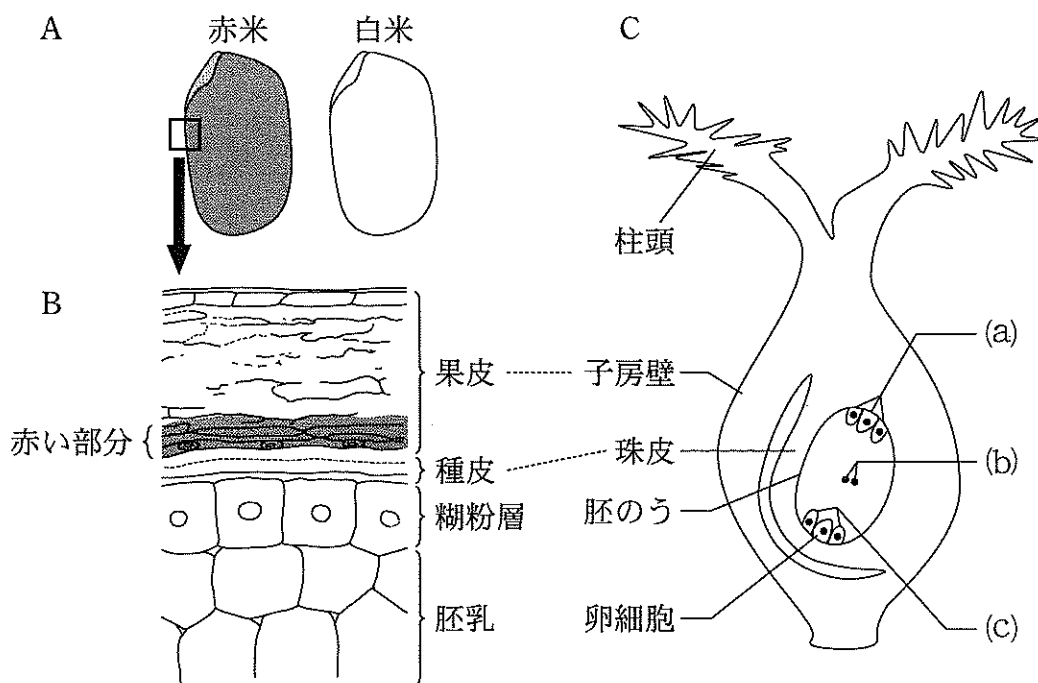
(2) キイロショウジョウバエでは *Ubx* 遺伝子を含め、8種類の遺伝子が *Hox* 遺伝子群を構成する。*Hox* 遺伝子群は動物に特有な調節遺伝子の一群であるが、この遺伝子群の構造的な特徴について、次の用語をすべて用いて、70字以内で説明せよ。

染色体, ホメオボックス, 発現領域, 塩基配列

3 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

ここに2種類のイネの純系がある。純系①は、ある病害に対する抵抗性を持ち、赤いコメ(赤米)を実らせる(図1A左)。一方、純系②はその病害抵抗性をもたず、白いコメ(白米)を実らせる(図1A右)。純系①の赤米において赤く色づいているのは、果皮の一部分である(図1B)。果皮は、めしべの子房壁が発達したものである(図1C)。

純系①のめしべに純系②の花粉を受粉すると赤米が得られた(図2)。一方、純系②のめしべに純系①の花粉を受粉すると白米が得られた(図3)。これら2通りの交配で得たコメを種まきし雑種第一代(F_1)植物を栽培したところ、いずれも病害抵抗性をもたず、また、これらの F_1 植物の自家受精により実ったコメは、すべて赤米だった(図2, 3)。病害抵抗性の有無およびコメの色は、それぞれ1遺伝子座で決まっており、これらの遺伝子座は互いに独立しているものとする。



星川 清親 著「解剖図説 イネの生長」より一部改変

図1

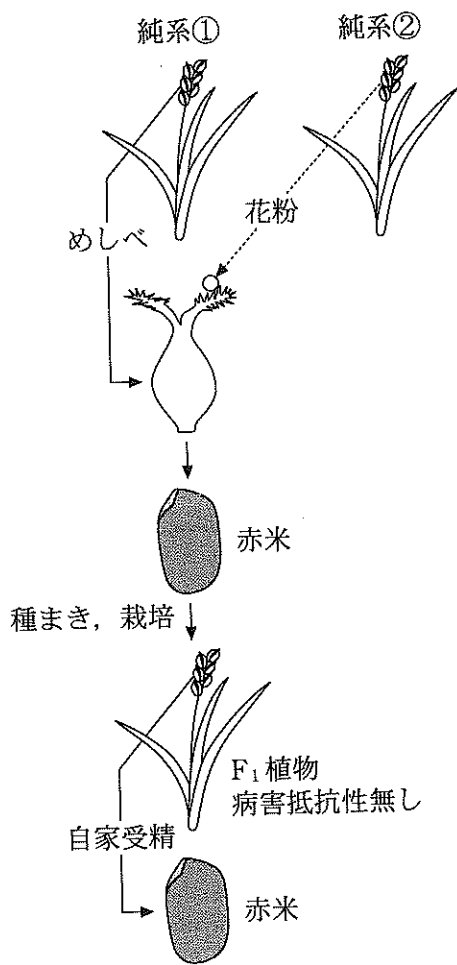


図 2

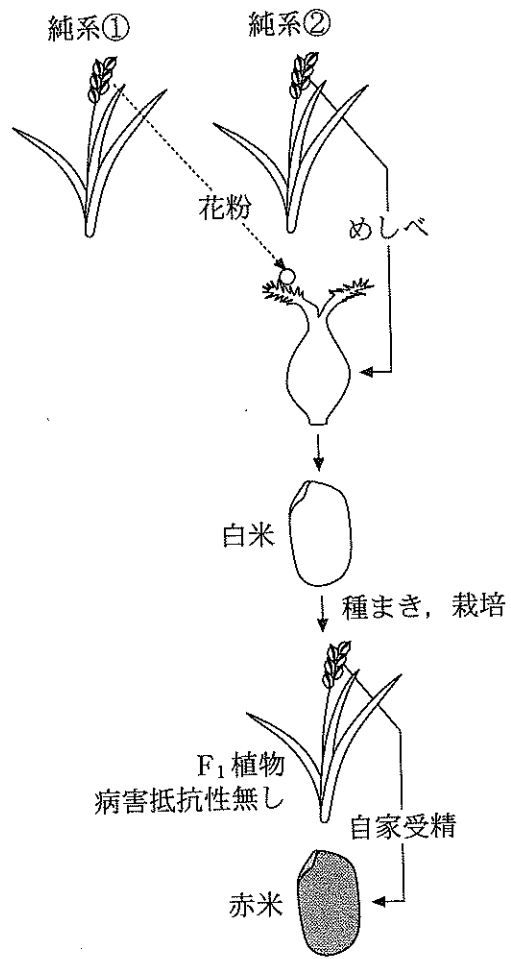


図 3

問 1 図 1 C はイネのめしべの構造を示したものである。(a)~(c)の名称を答えよ。

問 2 胚乳と種皮の間には, 1~数層からなる糊粉層とよばれる組織がある(図 1 B)。糊粉層が種子の発芽時に果たす役割について, 以下の語句をすべて用いて 90 字以内で説明せよ。

胚, ジベレリン, アミラーゼ, デンプン

問 3 次の文章は、下線部(ア)をふまえて、コメの色と病害抵抗性の有無の遺伝様式について考察したものである。文章中の ~ に適切な語句を入れよ。

コメの色を決めている遺伝子座を A、病害抵抗性の有無を決めている遺伝子座を B とする。純系①の遺伝子型を $A_1A_1B_1B_1$ 、純系②の遺伝子型を $A_2A_2B_2B_2$ とするとき、純系①のめしべに純系②の花粉を受粉して得たコメの果皮の遺伝子型は 、胚の遺伝子型は である。一方、純系②のめしべに純系①の花粉を受粉して得たコメの果皮の遺伝子型は 、胚の遺伝子型は である。そして、これらのコメをまいて栽培した F_1 植物の自家受精により実った赤米の果皮の遺伝子型は であるから、A 遺伝子座の 2 つの対立遺伝子間の優劣関係は、 A_1 が A_2 に対して である。また、 F_1 植物はいずれも病害抵抗性をもたなかったことから、B 遺伝子座の 2 つの対立遺伝子間の優劣関係は、 B_1 が B_2 に対して である。

問 4 問 3 の遺伝子型の表記法にしたがい、純系①と純系②の間で得られた F_1 植物に形成される配偶子の遺伝子型として考えられるものを、すべて記せ。

問 5 純系①と純系②の間で得られた F_1 植物を自家受精して得たコメを種まきし、雑種第二代 (F_2) 植物を栽培した。各 F_2 植物の病害抵抗性を調査するとともに、それぞれの植物に自家受精により実ったコメの色を観察した。 F_2 植物のうち、以下の(a)~(d)のそれぞれの表現型を示す植物体の期待される存在比を最小の整数で示せ。

- (a) 病害抵抗性を持ち、白米を実らせる
- (b) 病害抵抗性を持ち、赤米を実らせる
- (c) 病害抵抗性をもたず、白米を実らせる
- (d) 病害抵抗性をもたず、赤米を実らせる

4 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

地球上には、多種多様な生物が互いに関わり合いながら生息しており、これを生物多様性とよぶ。生物多様性は、森林、草原、湖沼などの生態系の多様さを表す生態系多様性、生態系内における生物種の多様さを表す種多様性、そして生物種内における遺伝子の多様さを表す遺伝的多様性の3つの階層から構成されている。

日本は世界の中でも生物多様性が豊かな国の1つであるが、さまざまな人為的要因により、その生物多様性が脅かされている。干潟の埋め立てや宅地開発などの大規模な により、生物多様性は大きく損なわれてきた。また、人間の活動によりもち込まれて定着した 生物による も、もともとその生態系に存在していた 生物の生存を脅かし、生物多様性を減少させる要因となっている。さらに、人間の活動により大気中に排出される二酸化炭素やメタンなどの ガスの濃度の上昇は、 のおもな原因と考えられており、この にともなう気温や海水温の上昇により、生物多様性にさまざまな影響がもたらされている。

一方、人間の活動により生物多様性が維持されてきた生態系も存在する。里山の雑木林では、定期的に樹木を伐採して燃料用の炭を生産したり、落ち葉を集めて肥料をつくったりしてきた。こうした適度な により、生態系のバランスが保たれ、生物多様性が維持されてきたが、近年は人々の生活様式が変化したことで雑木林の管理が放棄され、生物多様性が減少している。

私たちの豊かな暮らしは生物多様性を基盤とする生態系から得られる恩恵によって支えられており、この恩恵を とよぶ。人々が持続的に を受けるためには、生態系のバランスを保ち、生物多様性を維持することが不可欠である。

問1 文章中の ~ に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)に関して、生態系内の種多様性を評価するための指標のひとつに、シン普森の多様度指数がある。シン普森の多様度指数が高いほど、その生態系の種多様性は高いと評価される。シン普森の多様度指数は次の式で計算される。

$$\text{シン普森の多様度指数} = 1 - (p_1^2 + p_2^2 + p_3^2 + \dots + p_n^2)$$

ここで、 $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ は、生態系内に生息する生物種が n 種類だった場合における、各生物種の個体数がすべての生物種の合計個体数に占める割合を表している。例えば、ある生態系において、生物種 A の個体数が 50、すべての生物種の合計個体数が 100 だった場合、生物種 A の p_A は 0.50 となる。表 1 は、架空の生態系①～③における、各生物種の個体数、すべての生物種の合計個体数、種数、およびシン普森の多様度指数を示している。次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 生態系③におけるシン普森の多様度指数 X を答えよ。
- (2) 生態系②は生態系①よりも種数が少ないにも関わらず、シン普森の多様度指数が高い。その理由を 40 字以内で答えよ。

表 1

	生態系①	生態系②	生態系③
生物種 A	50	0	10
生物種 B	20	60	30
生物種 C	10	40	20
生物種 D	10	40	20
生物種 E	10	60	20
合計個体数	100	200	100
種数	5	4	5
シン普森の多様度指数	0.68	0.74	X

問 3 下線部(イ)に関して、遺伝的多様性の高い個体群は、大きな環境の変化が起こった場合に絶滅する可能性が低い。その理由を 60 字以内で答えよ。

問 4 下線部(ウ)が原因と考えられる生物への影響として、適切でない文章を(a)～(e)の中から 2 つ選び、記号で答えよ。

- (a) 植物の開花や開葉の時期が早まっている。
- (b) 汚染物質が生物の体内に蓄積する生物濃縮が起きている。
- (c) サンゴに藻類が寄生する白化現象が起きている。
- (d) 低緯度地域に生息する動植物が、より高緯度へ分布を広げている。
- (e) 低地に生息する動植物が、より標高の高い場所へ分布を広げている。

問 5 下線部(エ)に関して、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 定期的な樹木の伐採などが行われなくなり、管理が放棄された雑木林の環境と構成種は、時間の経過とともにどのように変化すると考えられるか。次の用語をすべて用いて 70 字以内で答えよ。

遷移, 陽樹, 陰樹, 光補償点

- (2) 管理が放棄されてから一定以上の時間が経過し、構成種に大きな変化がみられなくなった状態の森林を何とよぶか、答えよ。